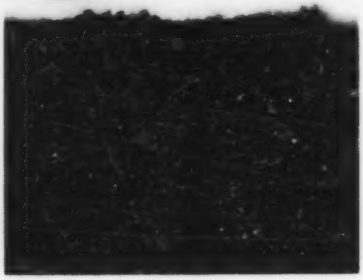
The BALSAM TWIG APHID

Richard Berthiaume, Christian Hébert and Conrad Cloutier[1]

INFORMATION LEAFLET LFC-29

[1] Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4



Cover

Photo 1
The balsam twig aphid (*Mindarus abietinus*)
(Photo: *C. Germain*)

Photo 2
Fir shoots infested by colonies of *Mindarus abietinus*
(Photo: *C. Cloutier*)

Photo 3
Christmas tree plantation (Photo: *C. Monnier*)

© Her Majesty the Queen in Right of Canada 2001
CCG Catalog Number Fo29-4/29-2001E
ISBN 0-662-29687-7
ISSN 0835-1627

Limited additional copies of this publication are available at no charge from:
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S., P.O. Box 3800
Sainte-Foy, Quebec G1V 4C7

This publication is also available in electronic format on the LFC Web site at:
http://www.cfl.cfs.nrcan.gc.ca

Copies or microfiches of this publication may be purchased from:
Micromedia Ltd.
240 Catherine St., Suite 305
Ottawa, Ontario K2P 2G8
Tel.: (613) 237-4250
Toll free: 1-800-567-1914
Fax: (613) 237-4251

Cette publication est également offerte en français sous le titre «Le puceron des pousses du sapin» (Numéro de catalogue GCC Fo29-4/29-2001F).

101-06991/

Overview

Balsam fir (*Abies balsamea* Mill.) is the basis of an important Canadian industry involving the production of Christmas trees. In Quebec alone, it is estimated that more than 30 million trees are cultivated on a total of 8,000 ha. The balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* Koch, is one of the principal pests of fir plantations. This aphid species has a holarctic distribution, extending across Europe and North America. In North America, the insect occurs throughout the range of balsam fir, from the Atlantic to the Pacific Oceans (Varty 1966; Martineau 1985; Rather and Mills 1989).

Like most aphids that use forest tree species as hosts, *M. abietinus* is a minor pest of natural stands, where it causes no mortality or decline in growth and no notable defoliation (Varty 1968; Rose and Lindquist 1994). Balsam twig aphid populations undergo significant but sporadic fluctuations. A few major infestations were recorded in natural stands in New Brunswick and Nova Scotia in 1966 and 1967, and then in Quebec in 1972 and 1978, when the entire region south of the 50th parallel was infested (Martineau 1985). The infestations are usually short-lived (2 or 3 years), although they often affect numerous stands scattered over extensive areas.

In Christmas tree plantations, the balsam twig aphid can cause considerable economic loss by reducing the aesthetic quality of the trees (Renault 1983; Bradbury and Osgood 1986; Kleintjes 1997; Deland et al. 1998). Damage is caused by aphid colonies, which feed on the current year's shoots during their elongation period. This feeding activity leaves distorted needles and stunted shoots on affected balsam fir (Bradbury and Osgood 1986).

Host Plants

Mindarus abietinus is an aphid species with a single-host life cycle. As its scientific name indicates, it attacks mainly conifers of the genus *Abies* (it has been observed on nine species of fir) but it may also feed on certain spruce (*Picea*) and pine (*Pinus*) species (Varty 1966; Bradbury and Osgood 1986; Rather and Mills 1989).

Description of the Different Forms of the Insect

The aphid *Mindarus abietinus* is a member of the order Homoptera, family Aphididae. These aphids undergo incomplete metamorphosis, which means that only minor morphological changes occur between the immature stages of the insect and the adult phase. Hence, except for the presence of wings in some individuals, the adult resembles the nymphs (*Figure 1*). The balsam twig aphid is polymorphic, which means that it occurs in several forms, as described below (*Figure 2*):

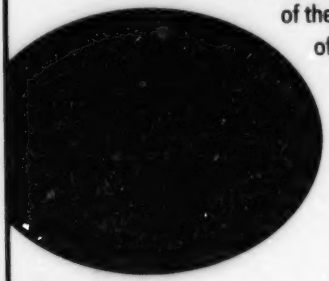


Figure 1
Immature stages of *Mindarus abietinus* fundatrices (Photo: *C. Germain*)

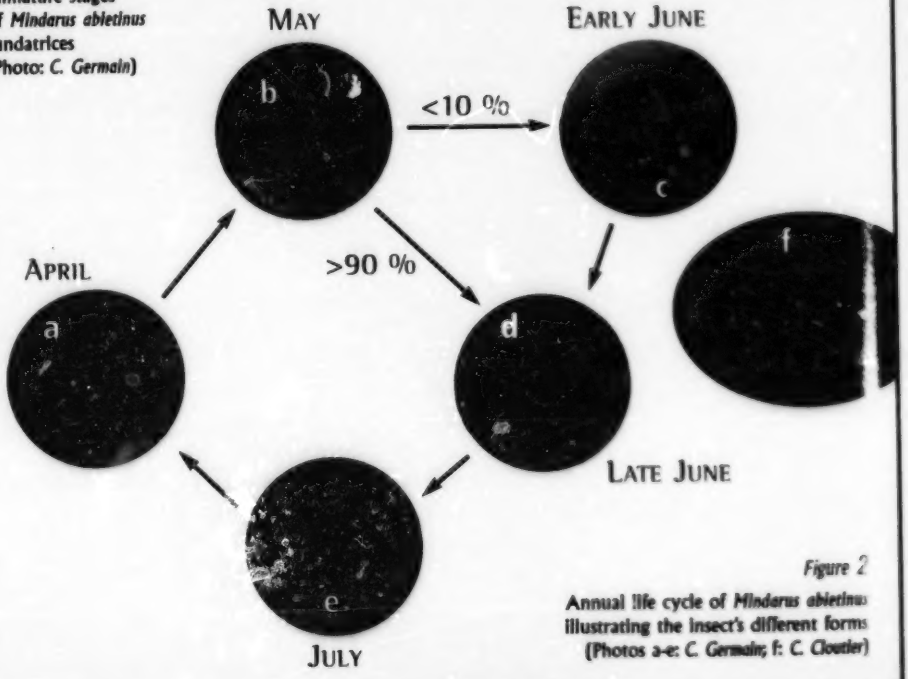


Figure 2
Annual life cycle of *Mindarus abietinus* illustrating the insect's different forms (Photos a-e: *C. Germain*; f: *C. Cloutier*)

a Egg

The oval-shaped egg is about 0.5 mm long. Although yellowish in colour at oviposition, the egg turns black a few days later. The eggs, which are deposited on young shoots, are covered with small white rods of wax that have a silverish tint.

b Fundatrix (stem mother)

This is the first form to appear during the season. Fundatrices are female aphids that go through four immature stages before reaching the wingless adult stage. The adults are 1.2 to 2.0 mm long and range in colour from beige to green. Adult fundatrices can be recognized by their greatly reduced cornicles, which are basically orifices, and by their simple eyes.

c Apterous viviparae (fondatrigenia)

Like fundatrices, aphids of this form are female; they, too, go through four immature stages before reaching the apterous adult phase. These adults are slightly larger (1.5 to 2.8 mm) than the fundatrices, but their colouring is similar. They can be distinguished from the latter by their compound and better developed eyes and by the presence of cornicles.

d Winged viviparae (sexuparae)

Winged viviparae are female only and resemble apterous viviparae in terms of the number of instars they go through and their colouring and size. However, the adult stage of this form has wings with reduced venation, and the third and fourth instars have wing pads, a feature that can be used to differentiate them from apterous viviparae.

e Sexuales

Sexuales are the last generation of the season out of a total of three or four. This is the first form comprising males; the males are smaller than the females and go through one less instar (three versus four for females). Sexuales have the same colouring as the preceding forms, but they are wingless and much smaller (about 1 mm).

Life Cycle and Behaviour

The balsam twig aphid has a life cycle comprising three to four generations (multivoltine cycle) occurring between April and July (*Figure 2*) (Varty 1966; Bradbury and Osgood 1986). On balsam fir, the cycle begins before budbreak and ends at an advanced stage of shoot growth. Temperature and hence climatic conditions play a key role in determining how fast the aphids develop and move through their life cycle (Varty 1968). In southern Quebec, the eggs generally hatch between mid-April and mid-May (Deland et al. 1998). Young fundatrices (nymphs), which represent the first generation, begin feeding on the needles from the previous year before migrating to the newly opened buds (*Figure 3*), and then feed on new foliage to complete their development (Varty 1968; Stary 1975; Rather and Mills 1989). When these aphids reach the adult stage, parthenogenetic reproduction (not requiring mating with males) begins; each fundatrix produces 40 to 60 nymphs of the second generation, the winged or apterous viviparae (Varty 1966, 1968).

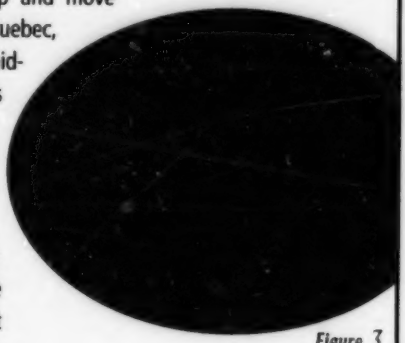


Figure 3
Adult fundatrix inside a newly opened bud (Photo: *C. Germain*)

The fundatrix and her progeny form a rapidly expanding colony (*Figure 4*) which feeds on young growing shoots, causing the distinctive damage that is characteristic of this pest's presence (Nettleton and Hain 1982; Renault 1983; Rather and Mills 1989). The affected shoots, or pseudogalls, provide shelter for the aphid colony. Most of the viviparous offspring of the fundatrix develop into winged viviparous individuals (about 90%), enabling the pest to disperse by air (Varty 1966, 1968; Rather and Mills 1989). Upon completing the fourth instar, the viviparous nymphs (with wing pads) leave the colony, climbing on pseudogalls or higher up on the shoots as they continue their development to the adult winged stage. Dispersal of these individuals may occur locally, from tree to tree within a given plantation, or reach more distant hosts in other plantations or in natural stands (Deland et al. 1998).

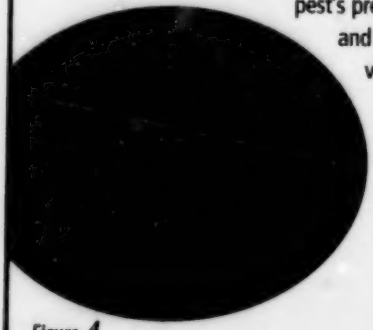


Figure 4
Shoot infested by a colony of *Mindarus abietinus* and honeydew secretion (Photo: *C. Germain*)

Apterous viviparae reproduce but do not disperse. Their progeny is composed exclusively of winged viviparae, which increase both the duration and extent of the balsam twig aphid's dispersal and the production of sexuales (Varty 1966, 1968; Deland et al. 1998). The winged viviparous individuals fly to other trees and give birth to the last generation, the sexuales (third or fourth generation as the case may be) (*Figure 5*). Their male and female progeny, which are roughly equal in number, are wingless (Varty 1966). Following mating, the female sexuale lays one or two eggs; these are usually deposited on new shoots at the base of needles or on buds (Varty 1966; Nettleton and Hain 1982; Deland et al. 1998). The balsam twig aphid then overwinters as an egg.

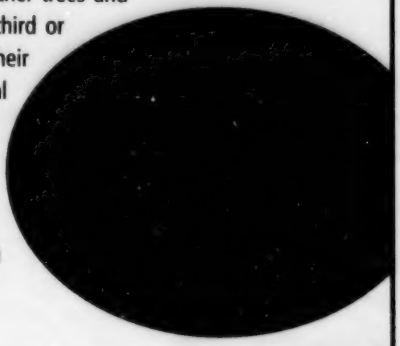


Figure 5
Winged viviparous individual giving birth to sexuales (Photo: *C. Germain*)

Damage

The fundatrices (first generation), which initially feed on needles of the previous year's shoots, and the sexuales (last generation) which do little or no feeding, do not cause noticeable damage (Varty 1966; Renault 1983). The aesthetic damage that can be seen on new growth is caused by the aphid colonies (fundatrix and its apterous and winged viviparous progeny), which feed on the elongating shoots (Varty 1966; Rather and Mills 1989). The main signs of damage are needle distortion and shoot stunting (*Figure 6*) (Renault 1983; Bradbury and Osgood 1986; Rather and Mills 1989). The abundant honeydew secreted by aphids also favours the appearance of a fungi, the sooty mould, further reducing the aesthetic quality of the infested shoots (Renault 1983). Light damage caused by a short-lived colony at an early stage may disappear as the shoot grows (Nettleton and Hain 1982). Severe damage remains visible for several years, but disappears with the eventual fall of the damaged old foliage.

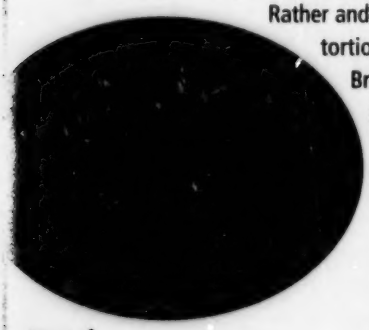


Figure 6
Characteristic damage showing distorted needles (Photo: *C. Cloutier*)

Aside from aesthetic damage, in severe infestations, height growth and annual shoot elongation may be reduced by 10 to 30% (Amman 1963; Berthiaume 1998; Desrosiers 1998). The economic impact of such reductions at harvest depends on such factors as annual pruning that removes the current year's growth and improves the trees' appearance.

The severity of aphid infestations may vary from year to year and from tree to tree. During major infestations, the percentage of shoots that are damaged in the absence of control may exceed 80% on some trees (*Figure 7*). The economic consequences of such infestations include a reduction in the monetary value of trees nearing harvest and a possible delay in marketing of affected trees.

Figure 7

Infested fir showing significant aesthetic damage (Photo: *C. Hébert*)

Natural Enemies

A wide diversity of natural enemies is active in fir plantations, provided the ecosystem has not been disrupted by insecticide treatments. Ladybird beetles, syrphid fly larvae, cantharids and, to a lesser extent, lacewings and spiders are active predators of the balsam twig aphid (Varty 1966, 1969; Nettleton and Hain 1982; Kleintjes 1997; Berthiaume 1998). The ladybird beetle *Anatis mali* (*Figure 8*), which is exceptionally voracious, has a very close association with the balsam twig aphid (Berthiaume 1998). It has adapted to laying its eggs on infested trees and exploiting aphid colonies to promote the development of its own larvae. Other species such as the seven-spotted beetle, *Coccinella septempunctata*, the Asian ladybird beetle *Harmonia axyridis* (recently

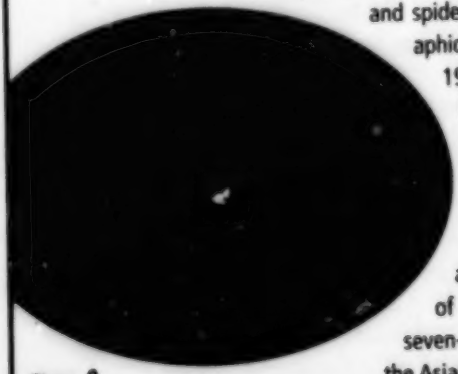


Figure 8

Adult ladybird beetle, *Anatis mali*, searching for aphids (Photo: *C. Cloutier*)

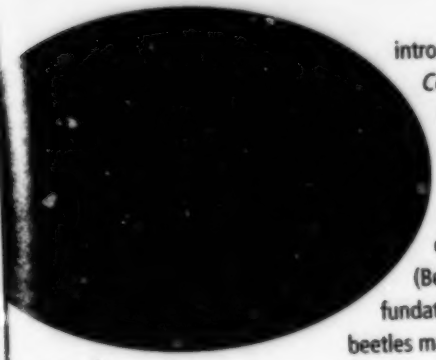


Figure 9
Adult ladybird beetle, *Harmonia axyridis*, exploring a fir shoot (Photo: C. Cloutier)

introduced into Quebec) (*Figure 9*), as well as *Coccinella trifasciata* and two species of *Mulsantina* are also associated with the balsam twig aphid. Adult ladybird beetles, particularly *A. mali*, appear quite early in the spring and feed on the fundatrices before they have a chance to penetrate buds that are opening up (Berthiaume 1998). By reducing the survival of fundatrices before colonies are formed, adult ladybird beetles may play a key role in preventing damage to trees (Berthiaume 1998). Larvae (*Figures 10 and 11*) that hatch from ladybird beetle eggs laid on the trees emerge too late to kill the fundatrices before colony establishment. Nonetheless, they are beneficial since they reduce the number of active colonies, the pest density within persisting colonies and the density of overwintering eggs, thereby permitting greater elongation of new shoots (Berthiaume et al. 2000).

The larvae of several syrphid fly species are also important predators of the balsam twig aphid in Quebec (*Figure 12*). They have been credited with ending a balsam twig aphid outbreak that occurred in natural stands in 1978 (Martineau 1984). Adult syrphids are active early in the season but do not prey on aphids (*Figure 13*). Since these insects visit flowers to feed on their nectar and pollen, they are attracted by the presence of plants with flowers, including certain weeds. Syrphid fly larvae are less mobile and their presence is synchronous with that of aphid colonies, which they are likely to inhabit and exploit just as ladybird beetle larvae do (Nettleton and Hain 1982; Kleintjes 1997).

Figure 10
Larva of the ladybird beetle, *Anatis mali*, looking for aphids (Photo: C. Germain)

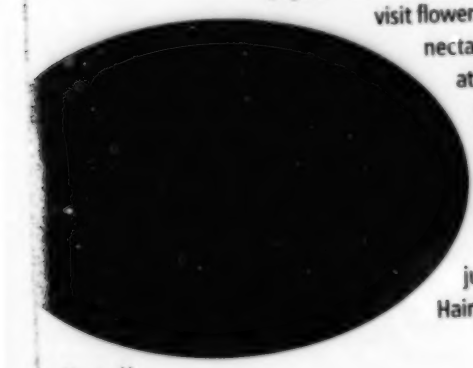


Figure 11
Larva of the ladybird beetle, *Harmonia axyridis*, looking for aphids (Photo: C. Germain)

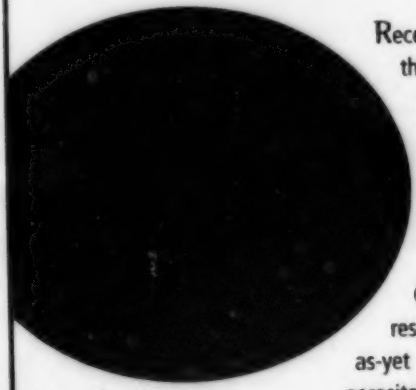


Figure 12
Syrphid fly larva searching for prey near an aphid colony (Photo: C. Germain)

Recent studies have revealed predation by the cantharid *Podabrus rugosulus* (*Figure 14*) on the winged viviparous forms of the balsam twig aphid when they leave the colony during the aerial dispersal phase (Berthiaume et al. 2001). Since these cantharids interfere with the production of sexuales, they represent a useful tool for preventive control throughout the Christmas tree production cycle. Unpublished research also reports the low-density presence of an as-yet unidentified wasp (family Braconidae) that is a parasitoid of *M. abietinus* (*Figure 15*). Only one known parasitoid species, *Pseudopraon mindariphagum*, has been reported to attack *M. abietinus* in Central Europe (Stary 1975). While fungal diseases occasionally affect the balsam twig aphid, they do not appear to have a significant impact on the populations studied in Quebec.

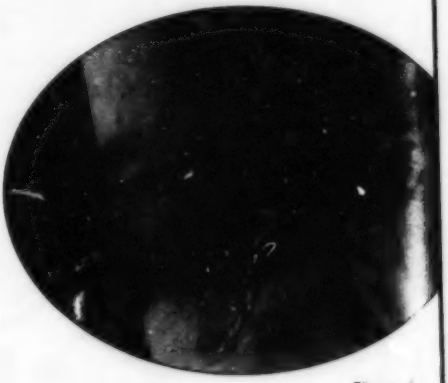


Figure
Adult syrphid f
feeding on a flow
(Photo: C. Germa

Figure 14
***Podabrus rugosulus* searching for aphids (Photo: C. Germain)**

Figure 15
Parasitoid (Braconidae) that attacks balsam twig aphids (Photo: *C. Germain*)

Susceptibility of Plantations

The timing of budbreak has a direct influence on the extent of fir damage caused by balsam twig aphids and on the number of deformed needles found on damaged shoots (*Figure 16*) (Desrosiers 1998). At the end of the growing season, trees that have undergone late budbreak show less damage than those characterized by early budbreak (Desrosiers 1998). Although trees with later budbreak have slower shoot growth as measured at the end of the season, the selection of breeding lines with this trait would help to limit the detrimental effect of the aphid on Christmas trees and reduce the need for insecticide applications (Desrosiers 1998).

Figure 16
Comparison of shoot development on a balsam fir with early budbreak (foreground) versus late budbreak (background) (Photo: *N. Desrosiers*)

Detection, Monitoring and Chemical Control

To minimize insecticide applications and thus limit the negative repercussions on the environment as a whole and on non-target fauna (Nettleton and Hain 1982; Rondeau and DesGranges 1991; Kleintjes 1997; Deland et al. 1998), a preventive monitoring system is proposed for controlling balsam twig aphid infestations. This approach permits forecasting of the infestation risk on an annual basis.

Detection may be done in three steps. The size of winged aphid populations is estimated by means of yellow sticky traps (*Figure 17*). Based on this information, a risk index can be established for the following year as early as July. Aphid flights are widespread and involve huge numbers of individuals. Even in a plantation where the insect pest is under control in the spring, there is a high risk of invasion by winged viviparae from elsewhere (Deland et al. 1998). Following trap monitoring, observations are carried out during the season by using a magnifying glass to assess egg densities on new shoots; this helps to identify the plantations that will be at greatest risk during the next season. Finally, where warranted by the risk level estimated in the previous steps and where trees are near maturity, it is strongly recommended that fundatrices be monitored in plantations during the month of May, at least two weeks prior to colony formation (Kleintjes et al. 1999). This final monitoring step involves determining the percentage of shoots infested by immature fundatrices (*Figure 18*). As the damage threshold acceptable to buyers (5% shoot injury) will be reached when 9% of current-year shoots are infested by fundatrices in May (Deland et al. 1998), an insecticide application may be recommended. Therefore, any insecticide application below this 9% threshold is unnecessary. In Canada, Diazinon 500 EC is the only insecticide authorized for balsam twig aphid control in balsam fir plantations.

Figure 17

Yellow sticky trap used to detect the presence of winged aphids (Photo: *C. Moffet*)

To prevent aesthetic damage to shoots, the insecticide treatment must be carried out before the aphid colonies are established. A forecasting model based on the degree-days accumulated above a base of 2°C can be used to predict egg hatch along with the fundatrices' development and attainment of maturity. In the spring, it takes an estimated 95, 160, 200, 255 and 280 accumulated degree-days (base 2°C) before 50% of fundatrices reach instars 1, 2, 3, 4 and the adult phase, respectively (Deland et al. 1998). No insecticide spraying should be done before reaching 95% egg hatch, which occurs after the accumulation of 125 degree-days above the base temperature. Since the aphid is difficult to detect before the second instar, visual inspection of shoots with a magnifying glass to detect fundatrices is more effective when performed beginning around 160 degree-days. Insecticide treatments carried out after 5% of fundatrices have reached the adult stage, namely at 255 accumulated degree-days above 2°C, are unlikely to prevent shoot damage.

As part of an integrated management approach spanning several years of the production cycle, it is crucial to consider plantation age, because the aesthetic damage caused by aphids is not visible after a few years due to the rapid growth of young fir and the effect of annual pruning (Nettleton and Hain 1982). There appears to be no need to treat a plantation before the trees are within two or three years of commercial maturity. This management strategy would allow beneficial organisms, especially natural enemies of the balsam twig aphid, to become established and multiply in the plantations, thereby limiting the magnitude of aphid infestations and the need to use insecticides.

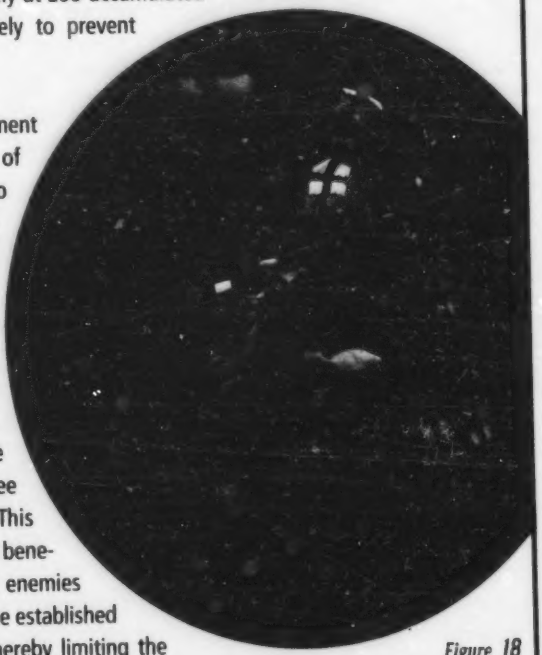


Figure 18

Visual monitoring to determine the percentage of shoots infested by *Mindarus abietinus* (Photo: *C. Moffet*)

Impact of Chemical Control and Alternatives

At present, control of the balsam twig aphid is based primarily on the use of insecticides, particularly Diazinon (Kleintjes 1997; Deland et al. 1998). Chemical treatment should not be initiated until the economic threshold is reached, as ascertained through monitoring (the threshold is 9% of shoots infested by fundatrices). Like other broad-spectrum insecticides, Diazinon has been shown to have negative effects on birds that nest in plantations (Rondeau and DesGranges 1991) as well as on soil arthropods and the natural enemy complex (Nettleton and Hain 1982; Kleintjes 1997; Deland et al. 1998). Further research is required so that an environmentally sound and more comprehensive control strategy can be developed, combining the use of trees that have later budbreak, augmenting the effectiveness of natural enemies (*Figure 19*) and better knowledge of the relationship between the balsam twig aphid and economic tree damage. In the meantime, insecticide treatment should not be considered until the final growing seasons before harvest and only when the economic threshold is reached. A single application that kills fundatrices before colonies are established should be sufficient to eliminate the risk of damage. Later applications may reduce aphid populations but will have no effect on already damaged shoots.

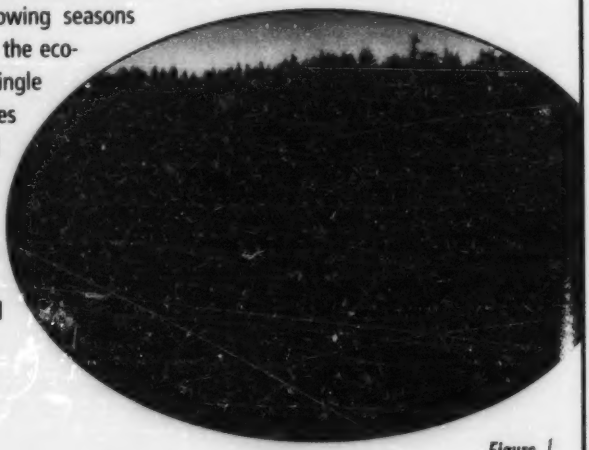


Figure 1

Plantation managed with a minimum of chemical input thereby promoting the presence of herbaceous plan that are important for many natural enemi (Photo: *C. Hébe*)

For Further Information

Anyone with comments or suggestions regarding the information provided in this leaflet is invited to contact the authors by e-mail at

chebert@cfl.forestry.ca

or

Conrad.cloutier@bio.ulaval.ca.

BIBLIOGRAPHY

AMMAN, G.D. 1963. A new distribution record for the balsam twig aphid. J. Econ. Entomol. 56:113.

BERTHIAUME, R. 1998. Les ennemis naturels du puceron des pousses du sapin, *Mindarus abietinus* Koch (Homoptère: Aphididae), avec une emphase particulière sur les coccinelles *Anatis mali* Say et *Harmonia axyridis* Pallas. Mémoire de maîtrise. Dép. biol., Univ. Laval, Qc. 121 p.

BERTHIAUME, R.; HÉBERT, C.; CLOUTIER, C. 2000. Predation on *Mindarus abietinus* infesting balsam fir grown as Christmas trees: the impact of coccinellid larval predation with emphasis on *Anatis mali*. BioControl 45:425-438.

BERTHIAUME, R.; HÉBERT, C.; CLOUTIER, C. 2001. *Podabrus rugosulus* (Coleoptera: Cantharidae) as an opportunist predator of *Mindarus abietinus* (Hemiptera: Aphididae), in Christmas tree plantations. Can. Entomol. 133:151-154.

BRADBURY, R.L.; OSGOOD, E.A. 1986. Chemical control of balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* Koch (Homoptera: Aphididae). Maine Agric. Exp. Stn., Univ. of Maine Tech. Bull. 124. 12 p.

DELAND, J.-P.; BERTHIAUME, R.; HÉBERT, C.; CLOUTIER, C. 1998. Programme alternatif de protection du sapin de Noël contre le puceron des pousses du sapin dans le contexte d'une saine gestion des ressources environnementales. Rapp. final 1998. Projet de recherche et technologie en environnement. Minist. Environ. et Faune, Qc. 105 p.

DESROSIERS, N. 1998. Influence de la fertilisation azotée et de la date de débourrement sur les populations du puceron des pousses du sapin, *Mindarus abietinus* Koch (Homoptère: Aphididae). Mémoire de maîtrise. Dép. biol., Univ. Laval, Qc. 109 p.

KLEINTJES, P.K. 1997. Midseason insecticide treatment of balsam twig aphids (Homoptera: Aphididae) and their aphidophagous predators in a Wisconsin Christmas tree plantation. Environ. Entomol. 26:1393-1397.

KLEINTJES, P.K.; LEMOINE, E.E.; SHROEDER, J.; SOLENSKY, M.J. 1999. Comparison of methods for monitoring *Mindarus abietinus* (Homoptera: Aphididae) and their potential damage in Christmas tree plantations. J. Econ. Entomol. 92:638-643.

Martineau, R. 1984. Insects harmful to forest trees. Ed: Multiscience Publications Limited. 261 p.

Neyleton, W.A.; Hain, F.P. 1982. The life history, foliage damage, and control of the balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* (Homoptera: Aphididae), in Fraser fir Christmas tree plantations of western North Carolina. Can. Entomol. 114:155-165.

Rather, M.; Mills, N.J. 1989. Possibilities for the biological control of Christmas tree pests, the balsam gall midge *Paradiplosis tumifex* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) and the balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* Koch (Homoptera: Mindaridae), using exotic enemies from Europe. Biocontrol News Inf. 19:119-129.

Renault, T. 1983. Puceron des pousses du sapin et cécidomyie du sapin (situation-1983). Serv. can. for.,Cent. rech. for. Maritimes, Fredericton, N.-B. Note tech. No 80F. 9 p.

Rondeau, G.; DesGranges, J.L. 1991. Effets des arrosages du Diazinon (Basudin), du Diméthoate (Cygon) et du savon insecticide (Safer™) sur la faune avienne dans les plantations de sapins de Noël. Serv. can. faune, Région de Québec. Série de rapp. tech. No 141. 54 p.

Rose, A.H.; Lindquist, O.H. 1994. Insects of eastern spruces, fir and hemlock. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Ottawa. 159 p.

Smith, C.C.; Newell, W.R.; Renault, T.R. 1981. Common insects and diseases of balsam fir Christmas trees. Can. For. Serv. Tech. Note No 1328. 60 p.

Stary, P. 1975. *Pseudopraon mindariphagum* gen. n., sp. n. (Hymenoptera, Aphidiidae) - Description and life history of a parasite of *Mindarus abietinus* (Homoptera, Mindaridae) in Central Europe. Acta Entomol. Bohemoslov. 72:249-258.

Varty, I.W. 1966. The seasonal history and population trends of the balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* Koch, in New Brunswick. For. Res. Lab., Fredericton, N.B. 21 p.

Varty, I.W. 1968. The biology of the balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* Koch, in New Brunswick: polymorphism, rates of development, and seasonal distribution of populations. For. Res. Lab., Fredericton, N.B. 65 p.

Varty, I.W. 1969. Ecology of *Mulsantina hudsonica* Casey, a ladybeetle in fir-spruce forest. For. Res. Lab., Fredericton, N.B. 28 p.

CANADIAN CATALOGUING IN PUBLICATION DATA

Berthiaume, Richard, 1971-

The balsam twig aphid

(Information leaflet; LFC-29)
Issued also in French under title: Le puceron des pousses du sapin.
Includes bibliographical references.
ISBN 0-662-29687-7
Cat. No. Fo29-4/29-2001E

1. Aphididae — Canada.
2. Aphididae — Control — Canada.
3. Balsam fir — Diseases and pests — Canada.
I. Hébert, Christian, 1959-
II. Cloutier, Conrad.
III. Laurentian Forestry Centre.
IV. Title.
V. Series: Information leaflet (Laurentian Forestry Centre); LFC-29.

SB945.A5B47 2000 634.9'75467 C00-980507-9

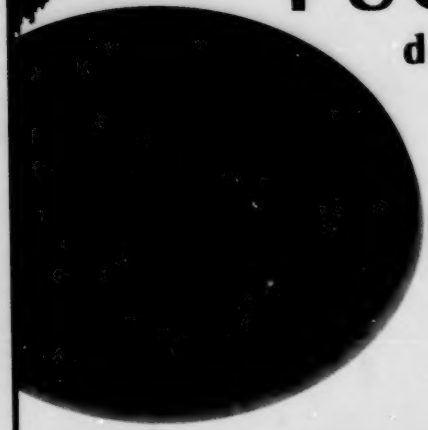
This publication reports research involving pesticides. All pesticides must be handled and applied properly according to directions. All pesticides are registered by Health Canada, Pest Management Regulatory Agency (PMRA) for experimental use and have provincial approval before they can be applied.

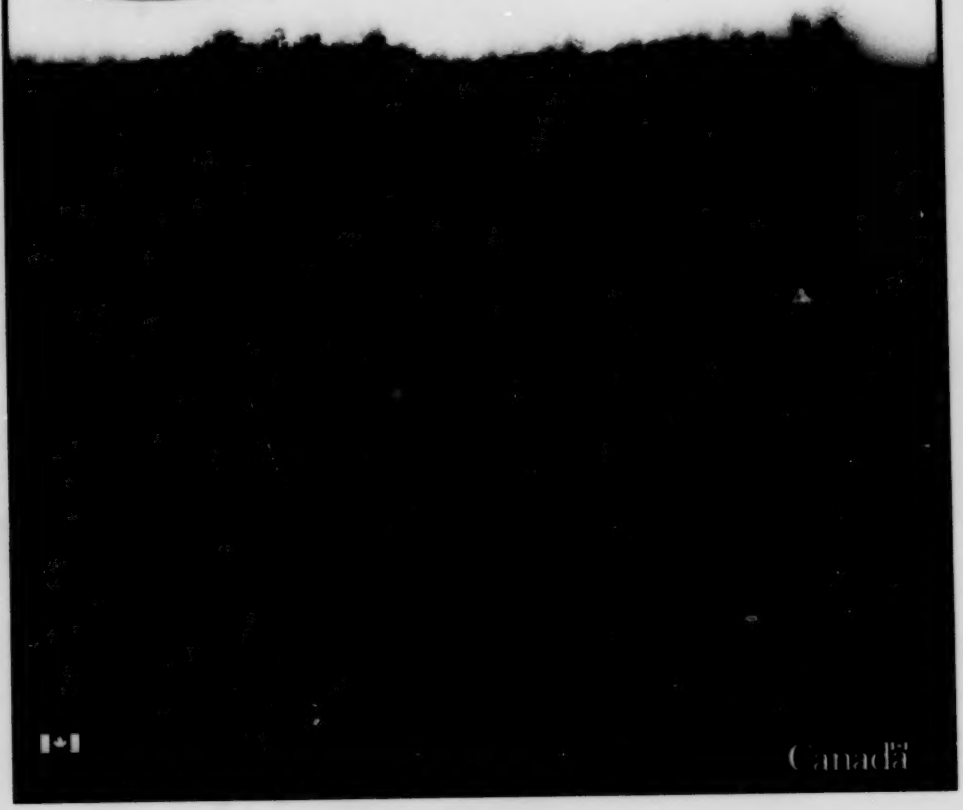
Recommendations for pesticide use in this publication are intended as guidelines only. Any application of a pesticide must be in accordance with directions printed on the product label of that pesticide as prescribed under the Pest Control Products Act. Always read the label. A pesticide should also be recommended by provincial authorities. Consult them for specific advice.

Le PUCERON des POUSSES du SAPIN

Richard Berthiaume, Christian Hébert et Conrad Cloutier[1]

FEUILLET D'INFORMATION CFL-29





[1] Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4

PAGE COUVERTURE

PHOTO 1
Le puceron des pousses du sapin (*Mindarus abietinus*) (Photo : *C. Germain*)

PHOTO 2
Pousses de sapin infestées par des colonies de *Mindarus abietinus* (Photo : *C. Cloutier*)

PHOTO 3
Plantation de sapins de Noël (Photo : *C. Monnier*)

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada 2001
Numéro de catalogue GCC Fo29-4/29-2001F
ISBN 0-662-85349-0
ISSN 0835-1635

Il est possible d'obtenir sans frais un nombre restreint d'exemplaires en français de cette publication auprès de :
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S., C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec)
Canada G1V 4C7
Cette publication est également disponible en format électronique sur le site Web du CFL à l'adresse : **http://www.cfl.scf.rncan.gc.ca**

Des copies ou des microfiches de cette publication sont en vente chez :
Micromédia Ltée
240, rue Catherine, bureau 305
Ottawa (Ontario) K2P 2G8
Tél. : (613) 237-4250
Ligne sans frais : 1-800-567-1914
Téléc. : (613) 237-4251

This publication is also available in English under the title "The balsam twig aphid" (CCG Catalog No. Fo29-4/29-2001E).

Problématique générale

La culture du sapin baumier (*Abies balsamea* Mill.) est une industrie importante au Canada, tout spécialement pour la production d'arbres de Noël. Au Québec seulement, on estime que plus de 30 millions d'arbres y sont cultivés sur une superficie totalisant 8 000 ha. Le puceron des pousses du sapin, *Mindarus abietinus* Koch, est l'un des principaux ravageurs de cette culture. Ce puceron a une distribution holarctique, c'est-à-dire qu'elle s'étend à travers l'Europe et l'Amérique du Nord. Sur le continent nord-américain, on le retrouve dans toute l'aire de répartition du sapin baumier, depuis l'océan Atlantique jusqu'à l'océan Pacifique (Varty, 1966; Martineau, 1985; Rather et Mills, 1989).

Comme la majorité des pucerons dont les hôtes sont des essences forestières, *M. abietinus* est un ravageur d'importance mineure en peuplement naturel, ne causant pas de mortalité, de diminution de croissance ou de défoliation notable (Varty, 1968; Rose et Lindquist, 1994). Ses populations montrent des fluctuations importantes et irrégulières. Quelques infestations majeures ont déjà été recensées à l'intérieur de peuplements naturels au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse en 1966 et 1967, puis au Québec en 1972 et en 1978, alors que l'ensemble du territoire situé au sud du 50e parallèle fut infesté (Martineau, 1985). Les infestations sont habituellement de courte durée (2 ou 3 ans) bien qu'elles touchent souvent de nombreux peuplements dispersés sur de vastes territoires.

Dans les plantations d'arbres de Noël, le puceron des pousses du sapin a cependant un impact économique important puisqu'il affecte directement la qualité esthétique des arbres cultivés (Renault, 1983; Bradbury et Osgood, 1986; Kleintjes, 1997; Deland et collab., 1998). Les dommages sont causés par des colonies de pucerons qui se développent sur les pousses de l'année courante durant leur période d'élongation, provoquant le recroquevillement des aiguilles et le rabougrissement de la pousse (Bradbury et Osgood, 1986).

Plantes hôtes

Mindarus abietinus est un puceron monoécique, c'est-à-dire que tout son cycle de développement s'effectue sur la même plante hôte. Comme son nom l'indique, il s'attaque principalement aux conifères du genre *Abies* (il a déjà été observé sur neuf espèces de sapins) mais il peut également s'alimenter sur certaines espèces d'épinettes (*Picea*) et de pins (*Pinus*) (Varty, 1966; Bradbury et Osgood, 1986; Rather et Mills, 1989).

DESCRIPTION des FORMES DE L'INSECTE

Le puceron *Mindarus abietinus* est un Homoptère de la famille des Aphididae. Ces pucerons ont une métamorphose incomplète, c'est-à-dire que le développement des stades immatures en adultes implique des changements morphologiques mineurs de sorte qu'à l'exception de la présence d'ailes chez certains individus, l'adulte ressemble aux immatures (*figure 1*). Le puceron des pousses du sapin est polymorphique, signifiant qu'il peut se présenter sous les formes suivantes (*figure 2*) :

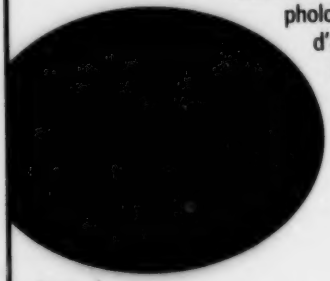


Figure 1
Stades immatures des fondatrices de *Mindarus abietinus*
(Photo : *C. Germain*)

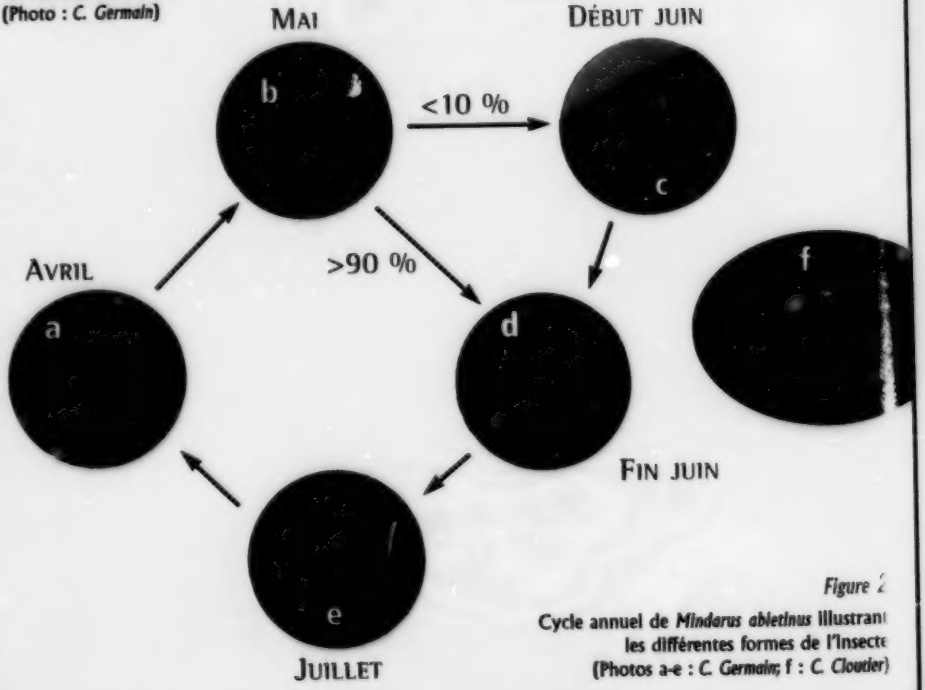


Figure 2
Cycle annuel de *Mindarus abietinus* illustrant les différentes formes de l'Insecte
(Photos a-e : *C. Germain*; f : *C. Cloutier*)

a Oeuf

Mesurant environ 0,5 mm de longueur, l'œuf est de forme ovale. De couleur jaune au moment de la ponte, il prend une coloration noirâtre quelques jours plus tard. L'œuf, qui est fixé aux jeunes rameaux, est recouvert de bâtonnets de cire blanc argenté sur l'ensemble de sa surface.

b Fondatrices

Première forme de la saison et uniquement constituée de femelles, les fondatrices passent par quatre stades immatures avant d'atteindre le stade adulte qui est aptère. Les adultes, qui sont vivipares, mesurent entre 1,2 et 2,0 mm de longueur et leur coloration varie du beige au vert. Chez les fondatrices adultes, les cornicules sont réduites à de simples orifices et les yeux sont simples.

c Vivipares aptères ou fondatrigènes

Comme les fondatrices, les pucerons de cette forme sont uniquement des femelles et passent par quatre stades immatures suivis du stade adulte aptère. Les adultes sont légèrement plus grands (1,5 à 2,8 mm) que ceux des fondatrices mais de coloration similaire. On les distingue des fondatrices à leurs yeux composés plus développés et à la présence de cornicules.

d Vivipares ailées ou sexupares

Les vivipares ailées sont uniquement des femelles et sont similaires aux vivipares aptères en ce qui concerne le nombre de stades, la coloration et la taille. Cependant, le stade adulte de cette forme possède des ailes munies d'une vénation réduite et les nymphes de 3e et spécialement de 4e stade possèdent des bourgeons alaires, ce qui permet de les distinguer des vivipares aptères.

e Sexués

Ils constituent la dernière génération de la saison qui en compte trois ou quatre selon le cas. Cette forme comporte pour la première fois la présence de mâles qui sont plus petits que les femelles et qui possèdent un stade immature de moins (trois comparativement à quatre pour les femelles). La coloration des sexués est identique aux formes précédentes mais les individus sont aptères et beaucoup plus petits (environ 1 mm).

CYCLE VITAL et COMPORTEMENT

Le cycle vital du puceron des pousses du sapin comporte trois à quatre générations (cycle multivoltin) qui se succèdent d'avril à juillet (*figure 2*) (Varty, 1966; Bradbury et Osgood, 1986). Sur le sapin baumier, il commence avant le débourrement pour se terminer à une étape avancée de la croissance des pousses. La vitesse de développement du puceron et le déroulement du cycle sont étroitement liés à la température et varient donc en fonction des conditions climatiques (Varty, 1968). Dans le sud du Québec, les œufs éclosent généralement entre la mi-avril et la mi-mai (Deland et collab., 1998). Les jeunes fondatrices (nymphes), qui représentent la première génération, s'alimentent d'abord sur les aiguilles de l'année précédente avant de se déplacer dans les bourgeons fraîchement ouverts (*figure 3*), où elles s'établissent sur les jeunes aiguilles pour compléter leur développement (Varty, 1968; Stary, 1975; Rather et Mills, 1989). Lorsqu'elles atteignent le stade adulte, la reproduction parthénogénique (en l'absence de mâles) commence; chaque fondatrice produit de 40 à 60 nymphes de la deuxième génération, celle des vivipares ailés ou aptères selon le cas (Varty, 1966 et 1968).

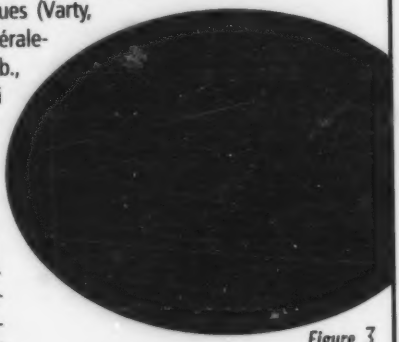


Figure 3

Fondatrice adulte insérée dans un bourgeon nouvellement éclos (Photo : *C. Germain*)

La fondatrice et sa progéniture forment une colonie (*figure 4*) qui croît rapidement en s'alimentant sur la jeune pousse en croissance, causant les dégâts qui caractérisent ce ravageur (Nettleton et Hain, 1982; Renault, 1983; Rather et Mills, 1989). La pousse affectée, appelée pseudogalle, constitue un abri pour la colonie de pucerons. La majeure partie de la progéniture de la fondatrice se développe en vivipares ailées (environ 90 %) qui permettent la dispersion aérienne du ravageur (Varty, 1966 et 1968; Rather et Mills, 1989). À la fin du quatrième stade, les nymphes de vivipares avec bourgeons alaires quittent la colonie pour se déplacer en surface des pseudogalles ou en amont sur les rameaux pour passer au stade adulte qui est ailé. La dispersion des vivipares ailées peut se faire localement, d'un arbre à l'autre à l'intérieur d'une même plantation, ou vers des arbres situés dans d'autres plantations ou peuplements naturels (Deland et collab., 1998).

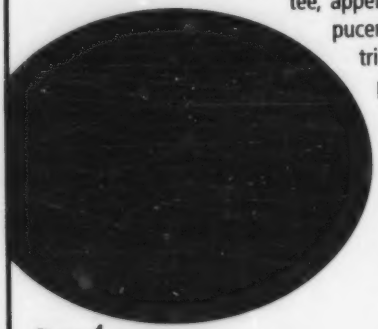


Figure 4

Pousse infestée par une colonie de *Mindarus abietinus* avec sécrétion de miellat (Photo : *C. Germain*)

Les vivipares aptères se reproduisent sans se disperser. Leur progéniture est exclusivement constituée de vivipares ailées, permettant de prolonger et d'intensifier la dispersion du ravageur et la production de sexués (Varty, 1966 et 1968; Deland et collab., 1998). Après l'envol, les vivipares ailées se déposent sur les arbres pour donner naissance à la dernière génération, celle des sexués (troisième ou quatrième selon le cas) (*figure 5*). Les deux sexes sont aptères et sont produits en nombre à peu près égaux (Varty, 1966). Après l'accouplement, la femelle sexuée pond un ou deux oeufs qui sont habituellement déposés sur les pousses de l'année courante. Les oeufs sont généralement fixés sur le jeune rameau près de la base des aiguilles ou sur les bourgeons (Varty, 1966; Nettleton et Hain, 1982; Deland et collab., 1998). C'est à ce stade que le puceron passe l'hiver.

Figure 5

Vivipare ailée donnant naissance à des sexués (Photo : *C. Germain*)

DOMMAGES

Les fondatrices (première génération), qui se nourissent au début sur les aiguilles des pousses de l'année précédente, ainsi que les sexués (dernière génération) qui se nourissent peu ou pas, ne causent pas de dommages apparents (Varty, 1966; Renault, 1983). Les dommages esthétiques infligés aux pousses de l'année courante sont causés par les colonies (fondatrice avec sa progéniture vivipare aptère et ailée) qui s'y développent durant l'élongation (Varty, 1966; Rather et Mills, 1989). Ils se manifestent surtout par le recroquevillement des aiguilles et le rabougrissement de la pousse (*figure 6*) (Renault, 1983; Bradbury et Osgood, 1986; Rather et Mills, 1989). L'abondante sécrétion de miellat par les pucerons favorise aussi l'apparition secondaire d'un champignon, la fumagine, aggravant davantage l'apparence des pousses infestées (Renault, 1983). Les dommages légers infligés tôt par une colonie éphémère peuvent disparaître avec la croissance éventuelle de la pousse (Nettleton et Hain, 1982). Les dommages sévères sont visibles durant quelques années, mais disparaissent avec la chute éventuelle du vieux feuillage affecté.

Figure 6

Dommage caractéristique montrant le recroquevillement des aiguilles (Photo : *C. Cloutier*)

En plus des dégâts esthétiques, la croissance en hauteur de l'arbre et l'allongement des pousses annuelles durant la saison peuvent être réduits de 10 à 30 % à la faveur de fortes infestations (Amman, 1963; Berthiaume, 1998; Desrosiers, 1998). L'incidence économique de telles réductions à la récolte dépend d'autres facteurs comme la taille pratiquée annuellement sur les arbres qui élimine en partie la croissance annuelle des arbres pour en modeler l'apparence.

La sévérité des infestations du puceron peut varier d'une année à l'autre et d'un arbre à l'autre. Lors d'importantes infestations, l'incidence de pousses endommagées en l'absence de contrôle peut dépasser 80 % sur certains arbres (*figure 7*). Les conséquences économiques de telles infestations sont la réduction de la valeur monétaire des arbres approchant la récolte et le retard possible de la mise en marché des arbres atteints.

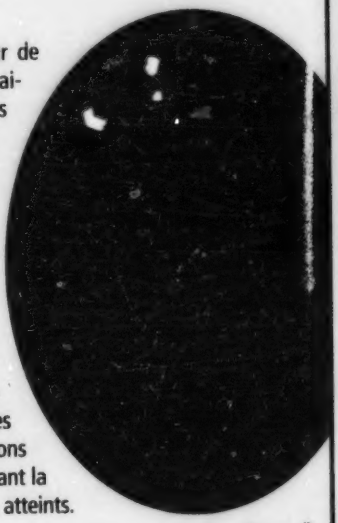


Figure 7

Sapin infesté montrant des dommages esthétiques importants (Photo : *C. Hébert*)

ENNEMIS NATURELS

Lorsque les traitements insecticides n'interfèrent pas, il existe une grande diversité d'ennemis naturels actifs dans les plantations de sapins. Les coccinelles, les larves de syrphides, les cantharides et, dans une moindre mesure, les chrysopes et araignées sont des prédateurs actifs du puceron des pousses du sapin (Varty, 1966 et 1969; Nettleton et Hain, 1982; Kleintjes, 1997; Berthiaume, 1998). La coccinelle *Anatis mali* (*figure 8*), dont la voracité est exceptionnelle, est une espèce étroitement liée au puceron des pousses (Berthiaume, 1998). Elle est bien adaptée pour pondre sur les arbres infestés et pour exploiter les colonies de pucerons pour le développement de ses larves. D'autres espèces comme la coccinelle à sept points (*Coccinella septempunctata*), la coccinelle

Figure 8

Coccinelle adulte *Anatis mali* recherchant des pucerons (Photo : *C. Cloutier*)

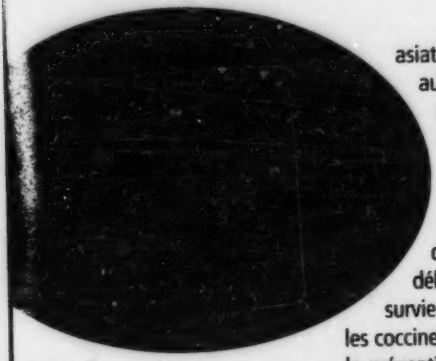


Figure 9

Coccinelle adulte *Harmonia axyridis* explorant une pousse de sapin (Photo : *C. Cloutier*)

asiatique (*Harmonia axyridis*, récemment introduite au Québec) (*figure 9*) ainsi que *Coccinella trifasciata* et deux espèces de *Mulsantina* sont aussi associées au puceron des pousses. Les coccinelles adultes, particulièrement *A. mali*, arrivent assez tôt au printemps pour se nourrir des fondatrices du puceron avant que ces dernières pénètrent dans les bourgeons en débourrement (Berthiaume, 1998). En affectant la survie des fondatrices avant la formation des colonies, les coccinelles adultes peuvent jouer un rôle important pour la prévention du dommage aux arbres (Berthiaume, 1998). Les larves (*figures 10 et 11*) issues de la ponte des coccinelles sur les arbres éclosent trop tard pour éliminer les fondatrices avant le début de l'établissement des colonies. Elles ont toutefois un impact significatif en permettant de diminuer le nombre de colonies actives, la densité à l'intérieur des colonies restantes et la densité d'œufs hivernants, ce qui permet une meilleure croissance élongative des pousses de l'année courante (Berthiaume et collab., 2000).

Au Québec, les larves de plusieurs espèces de syrphides sont aussi des prédateurs importants du puceron des pousses (*figure 12*). On leur a même attribué la fin d'une épidémie du puceron des pousses en peuplement naturel en 1978 (Martineau, 1985). Les syrphides adultes sont actives tôt en saison mais ne sont pas des prédateurs de pucerons (*figure 13*). Étant floricoles et se nourrissant de nectar et de pollen, leur présence est favorisée par celle de plantes à fleurs, incluant certaines mauvaises herbes. Les larves de syrphides sont moins mobiles et apparaissent de façon synchrone avec l'apparition des colonies du puceron où elles ont tendance à résider et qu'elles exploitent au même titre que les larves de coccinelles (Nettleton et Hain, 1982; Kleintjes, 1997).

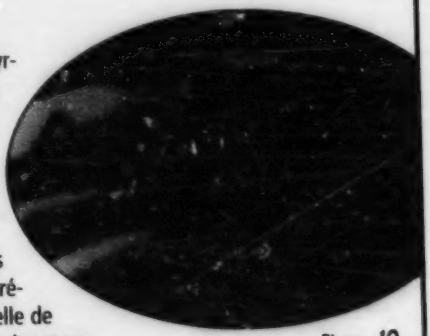


Figure 10

Larve de la coccinelle *Anatis mali* à la recherche de pucerons (Photo : *C. Germain*)

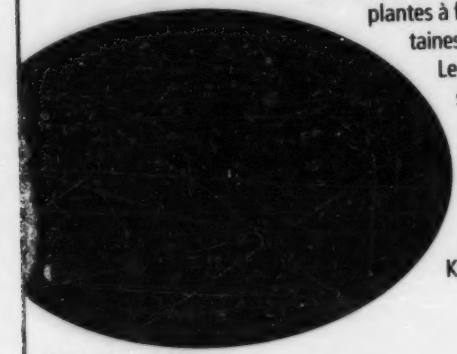


Figure 11

Larve de la coccinelle *Harmonia axyridis* à la recherche de pucerons (Photo : *C. Germain*)

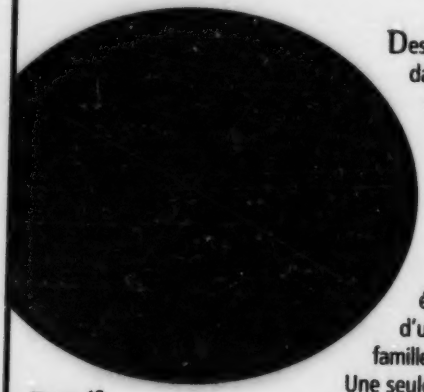
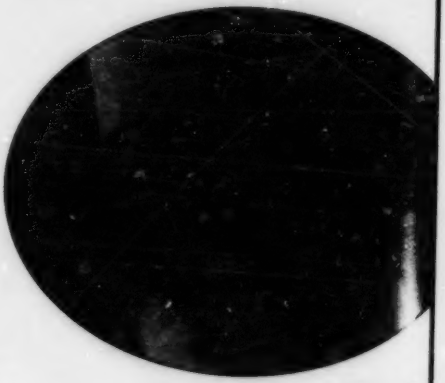


Figure 12

Larve de syrphide à la recheche de pucerons près d'une colonie (Photo : *C. Germain*)

Des travaux récents ont mis en évidence l'activité prédatrice du cantharide *Podabrus rugosulus* (*figure 14*) sur les vivipares ailées du puceron lorsqu'elles quittent la colonie au moment de la dispersion aérienne (Berthiaume et collab., 2001). En affectant la production des sexués, les cantharides sont utiles dans une perspective de contrôle préventif étalé sur l'ensemble du cycle de production du sapin de Noël. Des travaux inédits ont également révélé la présence à faible densité d'une guêpe parasitoïde de *M. abietinus*, de la famille des Braconidae et encore non identifiée (*figure 15*). Une seule espèce apparentée de parasitoïde attaquant *M. abietinus* est connue, soit *Pseudopraon mindariphagum* d'Europe centrale (Stary, 1975). Des maladies fongiques se manifestent également de façon sporadique sur le puceron mais elles ne semblent pas avoir d'impact significatif sur les populations étudiées au Québec.



Figure

Alimentation d'une syrphi adulte sur une fle (Photo : *C. Germ*)

Figure 14

***Podabrus rugosulus* recherchant des pucerons (Photo : *C. Germain*)**

Figure 15

Parasitoïde (Braconidae) qui attaque le puceron des pousses du sapin (Photo : *C. Germain*)

SUSCEPTIBILITÉ des PLANTATIONS

La date de débourrement influence directement l'incidence des dommages causés par le puceron sur le sapin ainsi que le nombre d'aiguilles déformées sur les pousses endommagées (*figure 16*) (Desrosiers, 1998). En fin de saison, les arbres à débourrement hâtif montrent plus de dommages que les arbres à débourrement tardif (Desrosiers, 1998). Bien que les pousses de ces derniers aient une élongation inférieure en fin de saison, la sélection de lignées de sapins à débourrement tardif aurait l'avantage de limiter l'impact négatif du puceron sur les arbres de Noël, diminuant le besoin de recourir aux insecticides pour le contrôler (Desrosiers, 1998).

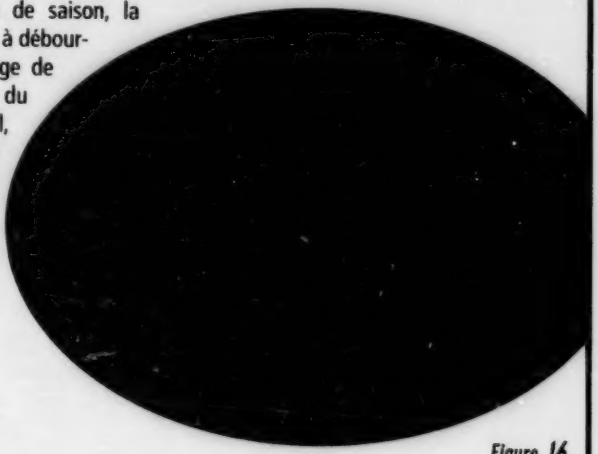


Figure 16

Comparaison du développement des pousses sur un sapin à débourrement hâtif (avant-plan) avec un à débourrement tardif (arrière-plan) (Photo : *N. Desrosiers*)

DÉTECTION, SURVEILLANCE et CONTRÔLE CHIMIQUE

Afin de minimiser les applications d'insecticides et ainsi limiter les effets négatifs sur l'environnement et la faune non visée (Nettleton et Hain, 1982; Rondeau et DesGranges, 1991; Kleintjes, 1997; Deland et collab., 1998), un système de détection préventif est envisagé pour contrôler les infestations du puceron des pousses du sapin. Cette approche permet d'estimer le risque d'infestation jusqu'à un an à l'avance.

La détection peut se faire en trois étapes. L'estimation des populations de pucerons ailés à l'aide de pièges collants jaunes (*figure 17*) permet d'obtenir un indice du risque pour l'année suivante dès le mois de juillet. Les envols de pucerons sont généralisés et massifs. Même dans une plantation où le puceron est contrôlé au printemps, le risque d'invasion par des vivipares ailées en provenance de l'extérieur est élevé (Deland et collab., 1998). À la suite du dépistage au piège jaune et au cours de la même saison, l'évaluation à la loupe de la densité des oeufs sur les pousses de l'année courante permet d'identifier les plantations les plus à risque pour la saison suivante. Enfin, si le risque estimé aux étapes précédentes l'indique et qu'il s'agit d'arbres arrivés à maturité, il est fortement recommandé d'effectuer un dépistage des fondatrices dans les plantations durant le mois de mai, et ce au moins deux semaines avant la formation des colonies (Kleintjes et collab., 1999). Il s'agit alors d'évaluer le pourcentage de pousses infestées par des fondatrices (*figure 18*). Compte tenu du fait que le seuil de dommage acceptable pour les acheteurs (5 % des pousses) sera atteint lorsque 9 % des pousses annuelles sont infestées par des fondatrices en mai (Deland et collab., 1998), une application d'insecticide peut alors être recommandée. Toute application d'insecticide en deçà du seuil de 9 % n'est donc pas nécessaire. Le seul insecticide homologué au Canada pour lutter contre le puceron des pousses du sapin en plantation d'arbres de Noël est le Diazinon 500 EC.

Figure 17

Piège collant jaune utilisé pour détecter la présence de pucerons ailés (Photo : *C. Moffet*)

Pour prévenir le dommage esthétique aux pousses, l'application d'insecticide doit être effectuée avant l'apparition des colonies du puceron. Un modèle de prévision basé sur l'accumulation des degrés-jours au-dessus du seuil

thermique de 2 °C permet de prédire l'éclosion des oeufs, ainsi que le développement des fondatrices et leur arrivée à maturité. Au printemps, on estime à 95, 160, 200, 255 et 280 l'accumulation des degrés-jours (au-dessus du seuil de 2 °C) nécessaire pour que 50 % des fondatrices atteignent les stades 1, 2, 3, 4 et adulte, respectivement (Deland et collab., 1998). Aucune pulvérisation d'insecticide ne devrait être envisagée avant l'éclosion de 95 % des oeufs, période qui est atteinte après l'accumulation de 125 degrés-jours au-dessus du seuil de 2 °C. Compte tenu que le puceron est difficile à détecter avant le deuxième stade, le dépistage visuel des fondatrices sur les pousses à la loupe s'avère plus efficace s'il est effectué à partir d'environ 160 degrés-jours au-dessus du seuil. Les traitements insecticides effectués après que 5 % des fondatrices aient atteint le stade adulte, soit après l'accumulation de 255 degrés-jours au-dessus du seuil de 2 °C, ont peu de chances de prévenir les dommages aux pousses.

Dans une gestion intégrée étalée sur plusieurs années du cycle de production, il est critique de considérer l'âge de la plantation puisque les dommages esthétiques causés par le puceron ne sont visibles que pendant quelques années étant donné la croissance rapide des jeunes sapins et la taille annuelle qui est effectuée (Nettleton et Hain, 1982). Dans cette perspective, il n'apparaît pas nécessaire de traiter une plantation avant que les arbres ne soient à deux ou trois années de la maturité commerciale. Une telle pratique de gestion permettrait aux organismes utiles, spécialement les ennemis naturels du puceron, de s'établir et de se multiplier dans les plantations, limitant ainsi l'ampleur des infestations du puceron et le besoin de recourir aux insecticides.

Figure 18

Évaluation visuelle du pourcentage de pousses infestées par *Mindarus abietinus* (Photo : C. Moffet)

IMPACT DU CONTRÔLE CHIMIQUE et ALTERNATIVES

Actuellement, la lutte au puceron des pousses du sapin est surtout basée sur l'utilisation d'insecticides chimiques (Kleintjes, 1997; Deland et collab., 1998). Elle devrait être conditionnelle au dépassement du seuil de traitement tel que révélé par la surveillance (le seuil est de 9 % des pousses infestées par des fondatrices au mois de mai). Comme d'autres insecticides à large spectre, le Diazinon a des effets négatifs démontrés sur les oiseaux nichant dans les plantations (Rondeau et DesGranges, 1991) ainsi que sur les arthropodes du sol et les ennemis naturels (Nettleton et Hain, 1982; Kleintjes, 1997; Deland et collab., 1998). D'autres recherches seront nécessaires pour élaborer une approche plus globale de contrôle qui serait respectueuse de l'environnement, intégrant l'utilisation d'arbres à débourrement tardif, l'augmentation de l'efficacité des ennemis naturels (*figure 19*) et une meilleure connaissance des relations entre le puceron et les dommages économiques aux arbres. Entre-temps, l'utilisation des insecticides devrait être envisagée uniquement lors des dernières saisons de croissance avant la récolte des arbres et lorsque le seuil économique est dépassé. Une seule application atteignant les fondatrices avant la formation des colonies suffit à éliminer le risque de dommages. Les applications tardives peuvent réduire les populations de pucerons mais n'ont aucun effet sur les pousses déjà endommagées.

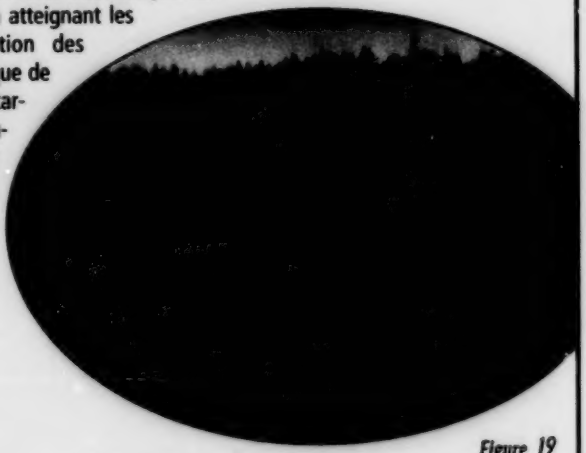


Figure 19

Plantation régie avec un minimum d'intrant chimique, favorisant la présence de plantes herbacées importantes pour de nombreux ennemis naturels (Photo : *C. Hébert*)

POUR OBTENIR d'autres INFORMATIONS

Si vous avez des commentaires ou suggestions concernant les informations mentionnées dans ce feuillet, nous vous invitons à communiquer avec les auteurs aux adresses suivantes:
chebert@cfl.forestry.ca
ou
conrad.cloutier@bio.ulaval.ca.

RÉFÉRENCES

AMMAN, G.D. 1963. A new distribution record for the balsam twig aphid. J. Econ. Entomol. 56:113.

BERTHIAUME, R. 1998. Les ennemis naturels du puceron des pousses du sapin, *Mindarus abietinus* Koch (Homoptère: Aphididae), avec une emphase particulière sur les coccinelles *Anatis mali* Say et *Harmonia axyridis* Pallas. Mémoire de maîtrise. Dép. biol., Univ. Laval, Qc. 121 p.

BERTHIAUME, R.; HÉBERT, C.; CLOUTIER, C. 2000. Predation on *Mindarus abietinus* infesting balsam fir grown as Christmas trees: the impact of coccinellid larval predation with emphasis on *Anatis mali*. BioControl 45:425-438.

BERTHIAUME, R.; HÉBERT, C.; CLOUTIER, C. 2001. *Podabrus rugosulus* (Coleoptera: Cantharidae) as an opportunist predator of *Mindarus abietinus* (Hemiptera: Aphididae), in Christmas tree plantations. Can. Entomol. 133:151-154.

BRADBURY, R.L.; OSGOOD, E.A. 1986. Chemical control of balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* Koch (Homoptera: Aphididae). Maine Agric. Exp. Stn. Univ. of Maine. Tech. Bull. 124. 12 p.

DELAND, J.-P.; BERTHIAUME, R.; HÉBERT, C.; CLOUTIER, C. 1998. Programme alternatif de protection du sapin de Noël contre le puceron des pousses du sapin dans le contexte d'une saine gestion des ressources environnementales. Rapp. final 1998. Projet de recherche et technologie en environnement. Minist. Environ. et Faune, Qc. 105 p.

DESROSIERS, N. 1998. Influence de la fertilisation azotée et de la date de débourrement sur les populations du puceron des pousses du sapin, *Mindarus abietinus* Koch (Homoptère: Aphididae). Mémoire de maîtrise. Dép. biol., Univ. Laval, Qc. 109 p.

KLEINTJES, P.K. 1997. Midseason insecticide treatment of balsam twig aphids (Homoptera: Aphididae) and their aphidophagous predators in a Wisconsin Christmas tree plantation. Environ. Entomol. 26:1393-1397.

KLEINTJES, P.K.; LEMOINE, E.E.; SHROEDER, J.; SOLENSKY, M.J. 1999. Comparison of methods for monitoring *Mindarus abietinus* (Homoptera: Aphididae) and their potential damage in Christmas tree plantations. J. Econ. Entomol. 92:638-643.

Martineau, R. 1985. Insectes nuisibles des forêts de l'est du Canada. Ed: Marcel Broquet. LaPrairie, Qc. 283 p.

Nettleton, W.A.; Hain, F.P. 1982. The life history, foliage damage, and control of the balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* (Homoptera: Aphididae), in Fraser fir Christmas tree plantations of western North Carolina. Can. Entomol. 114:155-165.

Rather, M.; Mills, N.J. 1989. Possibilities for the biological control of Christmas tree pests, the balsam gall midge *Paradiplosis tumifex* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) and the balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* Koch (Homoptera: Mindaridae), using exotic enemies from Europe. Biocontrol News Inf. 19:119-129.

Renault, T. 1983. Puceron des pousses du sapin et cécidomyie du sapin (situation-1983). Serv. can. for.,Cent. rech. for. Maritimes, Fredericton, N.-B. Note tech. No 80F. 9 p.

Rondeau, G.; DesGranges, J.L. 1991. Effets des arrosages du Diazinon (Basudin), du Diméthoate (Cygon) et du savon insecticide (Safer™) sur la faune avienne dans les plantations de sapins de Noël. Serv. can. faune, Région de Québec. Série de rapp. tech. No 141. 54 p.

Rose, A.H.; Lindquist, O.H. 1994. Insectes des épinettes, du sapin et de la pruche de l'est du Canada. Ressour. nat. Can., Serv. can. for., Ottawa, Ont. 159 p.

Smith, C.C.; Newell, W.R.; Renault, T.R. 1981. Common insects and diseases of balsam fir Christmas trees. Can. For. Serv. Tech. Note No 1328. 60 p.

Stary, P. 1975. *Pseudopraon mindariphagum* gen. n., sp. n. (Hymenoptera, Aphidiidae) - Description and life history of a parasite of *Mindarus abietinus* (Homoptera, Mindaridae) in Central Europe. Acta Entomol. Bohemoslov. 72:249-258.

Varty, I.W. 1966. The seasonal history and population trends of the balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* Koch, in New Brunswick. For. Res. Lab., Fredericton, N.B. 21 p.

Varty, I.W. 1968. The biology of the balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* Koch, in New Brunswick : polymorphism, rates of development, and seasonal distribution of populations. For. Res. Lab., Fredericton, N.B. 65 p.

Varty, I.W. 1969. Ecology of *Mulsantina hudsonica* Casey, a ladybeetle in fir-spruce forest. For. Res. Lab., Fredericton, N.B. 28 p.

DONNÉES DE CATALOGAGE AVANT PUBLICATION (CANADA)

Berthiaume, Richard, 1971-

Le puceron des pousses du sapin

(Feuillet d'information; CFL-29)
Publ. aussi en anglais sous le titre : The balsam twig aphid.
Comprend des références bibliographiques.
ISBN 0-662-85349-0
No de cat. Fo29-4/29-2001F

1. Pucerons — Canada.
2. Pucerons, Lutte contre les — Canada.
3. Sapin baumier — Maladies et fléaux — Canada.
I. Hébert, Christian, 1959-
II. Cloutier, Conrad.
III. Centre de foresterie des Laurentides.
IV. Titre.
V. Coll.: Feuillet d'information (Centre de foresterie des Laurentides); CFL-29.

SB945.A5B47 2000 634.9'75467 C00-980508-7

Cette publication présente des résultats de recherche sur les pesticides. Tous les pesticides doivent être manipulés et utilisé selon les instructions. Tous les pesticides doivent être homologués par Santé Canada, l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) pour fin d'usage expérimental et approuvés par la province intéressée avant qu'on puisse les utiliser.

Les recommandations sur l'utilisation des pesticides que comprend cette publication ne constituent que des lignes directrices. Tout pesticide doit être appliqué conformément aux instructions qui figurent sur l'étiquette du produit selon la *Loi sur les produits antiparasitaires*. Il faut toujours lire cette étiquette. L'usage d'un pesticide devrait également être recommandé par les autorités provinciales. Veuillez les consulter pour obtenir des conseils précis.